



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03152855.4

[43] 公开日 2004 年 4 月 21 日

[11] 公开号 CN 1491008A

[22] 申请日 2003.8.28 [21] 申请号 03152855.4

[71] 申请人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市四牌楼 2 号

[72] 发明人 胡敏强 吴在军 秦申蓓 郑建勇

杜炎森 王振曦

[74] 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司

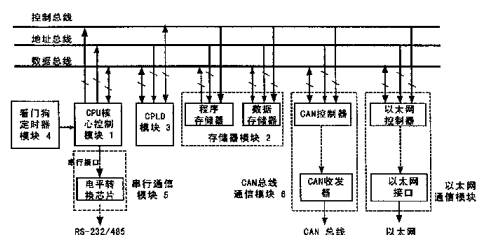
代理人 沈 廉

权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 5 页

[54] 发明名称 能实现异构网络互联的嵌入式网关

[57] 摘要

能实现异构网络互联的嵌入式网关是一种用于变电站自动化通信系统的实现异构网络互联的嵌入式网关，该网关包括 CPU 核心控制模块 1、存储器模块 2、CPLD 模块 3、看门狗定时器模块 4、串行通信模块 5、CAN 总线通信模块 6、以太网通信模块 7；其中看门狗定时器模块的输出端接 CPU 核心控制模块的输入端，CPU 核心控制模块的输出端接串行通信模块的输入端，串行通信模块的输出端接串行口 (RS-232/485)；CAN 总线通信模块的输出端接 CAN 总线；以太网通信模块的输出端接以太网；CPU 核心控制模块、存储器模块、CPLD 模块、CAN 总线通信模块、以太网通信模块分别以总线连接的方式与控制总线 CB、地址总线 AB、数据总线 DB 相连接。



1、一种能实现异构网络互联的嵌入式网关，其特征在于该网关包括 CPU 核心控制模块（1）、存储器模块（2）、CPLD 模块（3）、看门狗定时器模块（4）、串行通信模块（5）、CAN 总线通信模块（6）、以太网通信模块（7）；其中看门狗定时器模块（4）的输出端接 CPU 核心控制模块（1）的输入端，CPU 核心控制模块（1）的输出端接串行通信模块（5）的输入端，串行通信模块（5）的输出端接串行口（RS-232/485）；CAN 总线通信模块（6）的输出端接 CAN 总线；以太网通信模块（7）的输出端接以太网；CPU 核心控制模块（1）、存储器模块（2）、CPLD 模块（3）、CAN 总线通信模块（6）、以太网通信模块（7）分别以总线连接的方式与控制总线（CB）、地址总线（AB）、数据总线（DB）相连接。

2、根据权利要求 1 所述的能实现异构网络互联的嵌入式网关，其特征在于看门狗定时器模块（4）中可编程看门狗监控 EEPROM 芯片（U2）的“RST”端，接 CPU 核心控制模块（1）中 CPU（U3）的“RST”端；CPU（U3）的“TX、DX”端通过拨子选择开关（S3）分别接串行通信模块（5）中 RS-485 电平转换芯片（U11）的“TI1、RO1”端和 RS-232 电平转换芯片（U12）的“DI、RO”端；串行通信模块（5）的输出端，即 RS-485 电平转换芯片（U11）的“A、B”端和 RS-232 电平转换芯片（U12）的“TO1、RI1”端通过拨子开关（S3）选择，接串行口（RS-232/485）；CAN 总线通信模块（6）的输出端即 CAN 总线收发器（U9）的“CANH、CANL”端接 CAN 总线；以太网通信模块（7）的输出端即以太网控制器（U10）的“RXD-、RXD+、TXD-、TXD+”端通过隔离脉冲变压器（U13）接以太网；CPU（U3）、存储器模块（2）中的程序存储器（U5、U6）、数据存储器（U7）、CPLD 模块（3）中的复杂可编程逻辑器（U4）、CAN 总线通信模块（6）中的 CAN 控制器（U8）、以太网通信模块（7）中的以太网控制器（U8）的控制线“ALE、/WRL、/WRH、RD、ROM、RAM、CAN-INT、SJA-RST、CS8900-INT、CS8900-RST、/OE、/LB、/UB 等”、地址线“AD0-AD15”、数据线“A0-A15”分别与控制总线、地址总线、数据总线相连接。

能实现异构网络互联的嵌入式网关

一. 技术领域

本发明是一种用于变电站自动化通信系统的实现异构网络互联的嵌入式网关，属于变电站专用通信设备的技术领域。

二. 背景技术

变电站自动化系统是指在变电站内提供包括通信在内的自动化，实现对变电站内设备和馈入馈出线路的控制、监视、保护、开关闭锁和远方信息交换。变电站自动化的一个关键技术问题就是如何将变电站内的 IED 以及将变电站和远方调度中心通过适当的通信方式联结成网络。

早期主要采用 RS-232、RS-485 等串行总线将站内的 IED 连在一起，采用主从式轮询方式，实现设备互联。随着现场总线技术的逐渐成熟，由于其简单易用，组网灵活，开放性等优点，现场总线如 CAN、LonWorks、Profibus 等也越来越多地应用于变电站内的通信网络。通信技术的发展，造成了变电站内通信网络的多样性，这给用户带来更多选择的同时，也带来了另一个现实问题，即如何将来自不同厂家的异构网络相互集成，实现互操作，最大限度地保护用户已有的软硬件投资。另一方面，Internet 现已成为社会重要的基础信息设施之一，是信息流通的重要渠道。Internet 技术提升了世界的可接入性，变电站内的设备同样面临着数据集中、接入、维护和二次开发的新课题，现实的解决方法就是实现设备网络化。

三. 发明内容

1、技术问题

本发明的目的是基于嵌入式以太网技术，设计一种具有多种接口，能实现异构网络互联的嵌入式网关。通过该嵌入式网关，可以实现低速的串行总线和现场总线网络和高速以太网之间的互连，构建变电站内高速、可靠、真正全开放、全分散的数据通信网络。

2、技术方案

本发明的能实现异构网络互联的嵌入式网关包括 CPU 核心控制模块、存储器模块、CPLD 模块、看门狗定时器模块、串行通信模块、CAN 总线通信模块、以太网通信模块；其中看门狗定时器模块的输出端接 CPU 核心控制模块的输入端，CPU 核心控制模块的输出端接串行通信模块的输入端，串行通信模块的输出端接串行口 RS-232/485；CAN 总线通信模块的输出端接 CAN 总线；以太网通信模块的输出端接以太网；CPU 核心控制模块、存储器模块、CPLD 模块、CAN 总线通信模块、以太网通信模块分别以总线连接的方式与控制总线、地址总线、数据总线相连接。

看门狗定时器模块中可编程看门狗监控 EEPROM 芯片的“RST”端，接 CPU 核心控制模块中 CPU 的“RST”端；CPU 的“TX、DX”端通过拨子选择开关分别接串行通信模块中 RS-485 电平转换芯片 U11 的“TI1、RO1”端和 RS-232 电平转换芯片 U12 的“DI、RO”端；串行通信模块的输出端，即 RS-485 电平转换芯片 U11 的“A、B”端和 RS-232 电平转换芯片 U12 的“TO1、RI1”端通过拨子开关 S3 选择，接串行口 RS-232/485；CAN 总线通信模块的输出端即 CAN 总线收发器 U9 的“CANH、CANL”端接 CAN 总线；以太网通信模块的输出端即以太网控制器 U10 的“RXD-、RXD+、TXD-、TXD+”端通过隔离脉冲变压器 U13 接以太网；CPU、存储器模块中的程序存储器 U5、U6、数据存储器 U7、CPLD 模块中的复杂可编程逻辑器 U4、CAN 总线通信模块中的 CAN 控制器 U8、以太网通信模块中的以太网控制器 U8 的控制线“ALE、/WRL、/WRH、RD、ROM、RAM、CAN-INT、SJA-RST、CS8900-INT、CS8900-RST、/OE、/LB、/UB 等”、地址线“AD0-AD15”、数据线“A0-A15”分别与控制总线、地址总线、数据总线相连接。

本发明所述及的嵌入式网关主要布置在变电站层和间隔层之间，实现低速的 RS-232/485 串行总线和 CAN（Controller Area Network）现场总线网络和高速以太网之间的互连，以及串行总线协议或现场总线协议到 TCP/IP 协议的转换，实现不同厂商的异构网络互联，构建出真正全开放、全分散的站内通信网络。

嵌入式网关的硬件结构采用模块化设计方法，主要由基本 80C196KC 主控模块、串行总线通信模块、CAN 总线通信模块和以太网通信模块，以及相应的外部接口构成。

嵌入式网关的软件设计面向功能，遵循模块化设计方法，采用 Tasking C 语

言编程，方便调试、维护和移植。和硬件模块相对应，通信控制器的软件主要包括主程序模块，串口驱动模块，CAN 总线驱动模块，以太网驱动模块、TCP/IP 协议处理模块和应用层协议处理模块。嵌入式网关和间隔层设备通过串行总线或现场总线通信，通过装置的协议处理模块，将现场数据封装成 TCP/IP 数据帧，通过以太网和变电站层的操作员站、工程师站以及远方的监控中心通信。反之，将来自上层的 TCP/IP 数据帧通过拆封转换成串行数据或者 CAN 总线数据。

由于嵌入式网关的加入，改进了变电站自动化系统的结构，使其变成如图 1 所示的过程层、间隔层、通信控制层和变电站层 4 层结构。嵌入式网关除担负上述的协议转换作用以外，还负责循检、遥信、遥测和命令等通信任务协调管理，起前置单元的作用。在不设就地监控主站的无人值守或少人值守的变电站中，通信控制器则实际上还起着远方 RTU (Remote Terminal Unit) 的作用。

3、有益效果

针对变电站内异构通信网络互联实现互操作的现实问题，并考虑了嵌入式 Internet 这一技术发展趋势，设计并实现了一种能实现异构网络互联的嵌入式网关。发明具有下列优点：

(1) 解决了异构网络互操作性问题

通过在站内通信网络中加入这种嵌入式网关，可以实现串行总线、CAN 总线和以太网的互联。这种通信网络的特点在于系统的通信建立在串行总线、现场总线、以太网和 TCP/IP 混合通信协议之上，解决了异构网络互操作性问题。

(2) 可以确保站内通信网络实时性和可靠性

嵌入式网关的软硬件设计充分考虑了变电站内通信网络的数据传输可靠性和实时性等特殊要求，使用双网冗余策略来保证系统的可靠性。在应用层协议设计时，除事件报文由通信控制器主动上发外，其他的通信任务依然采用基于“请求/确认/重发”机制的轮询方式，以此控制网络流量，避免网络负载过重引起多次冲突而造成信息传输延时，保证数据传输实时性。

(3) 易于实现基于 Internet 的远程控制和维护

选择事实标准的 TCP/IP 协议作为嵌入式网关的高层接口，实现 IED 的 Intranet/Internet 化，使得现场 IED 数据的收发都以 TCP/IP 方式进行，这样可以保证网络化的 IED 具有良好的互操作性。由于以太网和互联网能够方便地实现互连，对站内 IED 的数据访问可以方便地扩展到整个广域网范围内，实现基于

Internet 的远程控制。

(4) 广泛的适用性

本发明介绍的嵌入式网关虽然是针对变电站自动化系统而设计的，但几乎可不作的改动即能应用于其他类似的数据传输领域。

此外，通过该嵌入式网关，采用 TCP/IP (Transfer Control Protocol/Internet Protocol) 协议这种标准的数据访问方式，在整个广域网范围内实现对变电站内 IED (Intelligent Electronic Device) 数据的远程访问，实现基于 Internet 的设备远程控制和维护。

四. 附图说明

图 1 是加入嵌入式网关后的变电站自动化系统结构示意图。

图 2 是嵌入式网关的功能原型示意图。

图 3 是嵌入式网关的硬件结构框图。其中有 CPU 核心控制模块 1、存储器模块 2、CPLD 模块 3、看门狗定时器模块 4、串行通信模块 5、CAN 总线通信模块 6、以太网通信模块 7、控制总线 CB、地址总线 AB、数据总线 DB。

图 4 是以太网接口模块电路原理图。

图 5 是基于嵌入式网关的冗余以太网实现

图 6 是嵌入式网关的控制流程图

图 7 是嵌入式网关中以太网接口模块软件流程图。

图 8 是用户数据进入协议栈时的封装过程示意图。

图 9 是 CPLD 内部结构框图。

图 10 是本发明的嵌入式网关电路原理图。

五、具体实施方式

(一)、嵌入式网关的硬件结构

嵌入式网关的硬件结构按模块化设计方法，主要分成基本 80C196KC 系统 1，串口通信模块 2，CAN 总线通信模块 3 和以太网通信模块 4 等几个部分，如图 3 所示。

1、基本 80C196KC 系统

基本 80C196KC 系统 1 主要包括 CPU 核心控制模块 (1), 存储器模块 (2), 可编程逻辑器件模块 (3) 和看门狗定时器模块 (4)。

(1) CPU 核心控制模块

CPU 核心控制模块 (1) 采用了 Intel 公司的 80C196 CPU。80C196KC 是 Intel 公司 CHMOS 16 位高性能微处理器中的一个分支, 适用于要求实时处理、实时控制的应用场合。与 MCS-51 系列相比, MCS-96 系列在以下几个方面提高了系统的实时性:

- ① CPU 中的算术逻辑单元不采用常规的累加器结构, 而是采用寄存器-寄存器结构。
- ② 在 80C196KC 内部的 512 字节寄存器中, 24 字节是专用寄存器, 其余 488 字节通过“垂直窗口”结构都可以作为通用寄存器, 所以其通用寄存器的数量远比一般 CPU 多。
- ③ 总线方式可以是 8 位、16 位或 8/16 位动态切换, 工作方式有正常方式和两种节电方式 (待机方式和掉电方式)。此外 80C196KC 还具有更多的 I/O 口、中断向量以及外设。

(2) 存储器模块

存储器模块 (2) 包括一片 $32\text{K} \times 16\text{bit}$ 的静态数据存储器 IS61C3216, 2 片 $32\text{K} \times 8\text{bit}$ 的 EPROM 27C256 拼装成的 16 位程序存储器。和采用 8 位的总线方式相比, 采用 16 位的总线方式可以大大加速指令的执行速度, 提高系统的实时性能。

(3) 可编程逻辑器件模块

80C196KC 微处理器的寻址空间较为分散, 可用段为 (采用无片内 ROM 型芯片时) 0100H-1FFDH 以及 2080H-0FFFFH, 传统的通用译码器无法灵活地分配这些空间, 采用可编程逻辑器件 CPLD 芯片实现地址以字节为单位的灵活分配。CPLD 芯片内部以可编程的宏逻辑单元为基础, 可编程的连线集中在一个全局布线区。它可以允许使用大规模可编程逻辑芯片替代传统的 74LS 系列和小规模 GAL 逻辑, 从而在系统的接口有特殊要求的情况下, 只要更改逻辑文件即可满足用户要求, 使系统灵活方便, 而且缩短了开发周期。本系统中采用 XILINX 公司生产的型号为 XC9572 的 CPLD。

CLPD 模块 (3) 的主要功能有如下 2 个方面 (CPLD 内部结构框图如图 8 所示):

① 地址的锁存, 由于 80C196K 地址线和数据线复用, 通过地址锁存信号线 ALE 把 16 位地址线锁存起来。同时通过地址线进行地址译码, 产生的片选信号有: 静态数据存储器芯片 IS61C3216 片选信号 RAM, 程序存储器 27C256 片选信号 ROM, CAN 控制器的片选信号 SJA1000, 以太网控制 CS8900 的片选信号 CS8900。

② 控制信号的扩展。扩展的控制信号有: 对 IS61C3216 高低字节的读写控制信号: /WE, /OE, /LB, /UB 等。

(4) 看门狗定时器模块

看门狗定时器模块 (4) 采用了集成了看门狗定时器, 电压监控和 E²PROM 三种常用的功能于单个封装之内的 Xicor 公司的 X25043。这种组合降低了系统成本并减少了对电路板空间的要求。看门狗定时器对微控制器提供了独立的保护系统。当系统故障时, 在可选的超时周期之后, X25043 看门狗将以复位信号做出响应, 有效地增强了系统的可靠性。

2、串行通信模块

串行通信模块 5 由 MAX232 (U12), MAX485 (U11) 和拨子开关 (S3) 构成, 它们均从 80C196 的串口扩展, 实现 TTL 电平和串行电平之间转换。在实际应用中可以用户根据需要, 用跳线开关 S3 选择 RS-232 接口或 RS-485 接口, 提供给用户更多的选择。同时, RS-232 可以作为现场调试端口, 给现场工程调试带来极大方便。

3、CAN 总线通信模块

CAN 总线通信模块 6 由 PHILIPS 公司的独立 CAN 总线控制器 SJA1000(U8) 和 Intel 公司的 CAN 总线收发器 82C250 (U9) 组成。SJA1000 实现 CAN 总线的逻辑链路控制和介质访问控制。82C250 则实现和物理传输介质的接口和驱动。

CAN 控制器 SJA1000 主要由实现 CAN 总线协议部分和与微处理器接口部分电路组成, 可完成 CAN 总线协议的物理层和数据链路层的功能, 支持 CAN2.0A 协议及 CAN2.0B 协议, 具有 BasicCan 以及 PeliCan 两种工作模式; SJA1000 内部提供了 128 个寄存器, CPU 通过 8 位地址线访问 SJA1000 内部的寄存器; 接受缓冲区提供了 64 字节的 FIFO, CAN 总线上通过接受过滤器的数据首先被放

到接受缓冲区中，接受寄存器作为接受缓冲区的映射寄存器，当接受寄存器中为空时，接受缓冲区中的数据会填充到接受寄存器中；为了增强错误处理功能，内部提供了特殊功能寄存器，仲裁丢失捕捉寄存器存有丢失仲裁位的位置信息，出错码捕捉寄存器存储总线上出现错误的类型和位置信息。

CAN 收发器 82C50 是 CAN 协议控制器和物理总线的接口，提供了对总线的差动发送能力和对 CAN 控制器的差动接收能力。

4、以太网通信模块

以太网通信模块 7 主要由以太网控制器（U10）、脉冲隔离变压器（U13）和外围接口电路构成，如图 4 所示。

以太网控制器选用了 Cirrus Logic 公司为工业控制这类对可靠性要求极高的应用场合专门设计的以太网控制器 CS8900。CS8900 高集成度的设计，使其不再需要像其他以太网控制器芯片所必须的外围器件。CS8900 4K 字节的片上 RAM，可以对发送和接收的报文完全缓冲。包括 Manchester 编码/解码器，时钟恢复电路，10BASE-T 收发器和完整的 AUI 接口的前置模拟电路简化了电路设计。10BASE-T 收发器可以直接和隔离变压器相连，通过 RJ-45 连接各类屏蔽或非屏蔽双绞线，并支持接收极性倒置自动检测和校正。AUI 端口则提供了 10BASE-2、10BASE-5 和 10BASE-FL 接口。除此之外，CS8900 还提供多种功能特性和配置选项。它独特的 PacketPage 结构能够自动地适应不断变化的网络流量和可用系统资源，大大提升了系统性能。

（二）、通信网络的冗余实现

变电站内通信网络是实现控制命令，事件告警和采样数据快速、可靠传输的高速数据通道，是变电站实现自动化的关键技术之一，其性能直接影响变电站自动化系统的整体性能。因此，在工程实践中，站内通信网络通常需要采用双重化冗余设计确保站内数据传输的可靠性，实时性。

在变电站内通信网络设计中，最常用同时也是比较有效的冗余方式是并联式热备用。对采用嵌入式网关实现异构网络互联的情况，有多种不同的设计方案。一种就是采用设备的 1:1 冗余设置实现网络的双重化设计。即通信网络是两个完全独立的系统，一个处于运行状态，一个处于热备用状态。每个网络节点都有一个独立的 IP 地址、MAC 地址、以太网驱动和 TCP/IP 协议栈。当处于运行状

态的网络出现故障时，处于热备用状态的网络立即切换到工作状态。这种方案缺点在于应用层必须另设功能复杂的网络管理模块，实时监测网络运行状况，实现网络故障处理、网络切换、网络恢复后的重启以及流量控制和分配等功能。这势必大大增加了应用程序的复杂性。在资源受限的嵌入式系统设计中这个问题尤为突出。

另一种可行的方案，就是对前文所述及的硬件实现方案稍作修改，添加一组以太网控制部件—以太网控制器、隔离变压器和 RJ-45 插座，实现物理层的双重化设计，实现互为冗余的两个网络链路完全独立，保证两个网络的物理信号隔离和故障隔离，如图 5 所示。

这种情况下，每个嵌入式网关只有一个 IP 地址，但有两个具有各自 MAC 地址和以太网驱动的以太网控制器。TCP/IP 协议栈绑定于其中的一个以太网控制器。当网络故障切换时，只需把 TCP/IP 协议栈和原来的以太网控制器解绑，同时将协议栈重新绑定到另一个以太网控制器即可容易实现网络之间切换。

(三)、嵌入式网关的软件设计

嵌入式网关的软件设计遵循模块化设计方法，采用 Tasking C 语言编程，方便调试、维护和移植。和硬件模块相对应，通信控制器的软件主要包括主程序模块，串口驱动模块，CAN 总线驱动模块，以太网驱动模块、TCP/IP 协议处理模块和应用层协议处理模块。本发明的控制流程如图 6 所示。

嵌入式网关的主要功能在于实现低速串行总线和现场总线 and 高速以太网之间的互连，以及串行总线协议或现场总线协议到 TCP/IP 协议的转换，最终实现不同厂商的异构网络互联。因此，软件设计的主要工作在于 RS-232/485、CAN 总线和以太网驱动程序实现以及 TCP/IP 协议的实现。

以太网的介质访问控制（MAC）和逻辑链路控制（LLC），包括冲突检测，帧头（Preamble）的产生和检测，CRC 校验和产生等已由 CS8900 中的 802.3 MAC Engine 实现，因此，以太网驱动模块主要是对其物理接口选择，工作方式初始化和对以太网数据帧发送和接收的处理。中断方式下，以太网帧发送接收中断服务程序流程如图 7 所示。

TCP/IP 协议处理模块是将串行总线协议或现场总线协议转换到 TCP/IP 协议。来自应用程序的数据，经过如图 8 所示的封装实现串行总线协议或现场总线协议和 TCP/IP 协议之间的转换。

若某一应用要将一组数据 Data 传送给网络中的另一个节点，则应先确定此数据需要采用 TCP 还是 UDP 传输的传输服务方式，然后将此数据传送给 TCP 进程或者 UDP 进程，由它们将数据加上报头后传送给 IP 进程，IP 进程通过地址识别协议 ARP 将 UDP 协议数据单元或者 TCP 协议数据单元中的所含的 IP 地址转换成物理网络地址，再加上 IP 首部后作为 IP 协议数据单元传送至链路层。如前所述，通信控制器中数据链路层和物理层的协议是由 CS8900 中的 MAC Engine 实现，由其再加上以太网首部和尾部成为以太网帧在物理介质上传输。接收数据时的过程与此相反。

由于应用于变电站内这样特殊的应用场合，因此嵌入式网关的软件设计应确保整个通信网络的实时性和可靠性。同时还应尽可能简化程序设计，减少对存储空间的需求。因此，实际应用中嵌入式网关的传输层采用无连接但高效率的 UDP 协议，采用广播和组播方式，保证数据传输的实时性。由应用层采用“请求/确认/重发”机制保证数据传输可靠性。

应用层协议除执行简单网络管理任务外，主要处理应用相关的特定事务。作为在变电站间隔层和变电站层之间进行工作的嵌入式网关，其应用层软件设计主要包括循检，遥信，遥测，遥调和遥控等事务处理。嵌入式网关向下以串行总线或 CAN 总线数据帧格式主动轮询现场 IEDs 中实时采样值，开关状态和事件报文，并形成实时数据库。监控主站也采用轮询方式，但以以太网帧格式按一定轮询周期定时召唤通信控制器中报文，一次性地将该通信控制器所管理的所有现场 IED 中的数据召唤回监控主站由其分析处理。来自监控主站的下行报文由于数据长度较短，需填充至最短以太网帧有效长度（64 字节），而上行报文一般无需作特别处理即可满足以太网帧有效长度的限制。通过这种方式有效解决了以太网帧和 CAN 总线数据帧有效长度悬殊的问题。此外，嵌入式网关还接收来自监控主站或远方调度中心地控制命令，下发给现场的 IED，执行定值调整，开关分合，变压器分接头调整和电容器投切等操作。

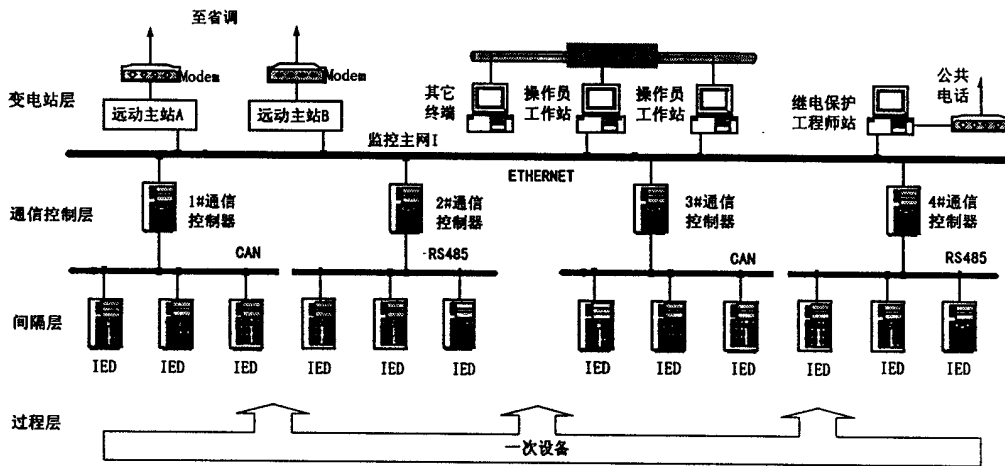


图 1

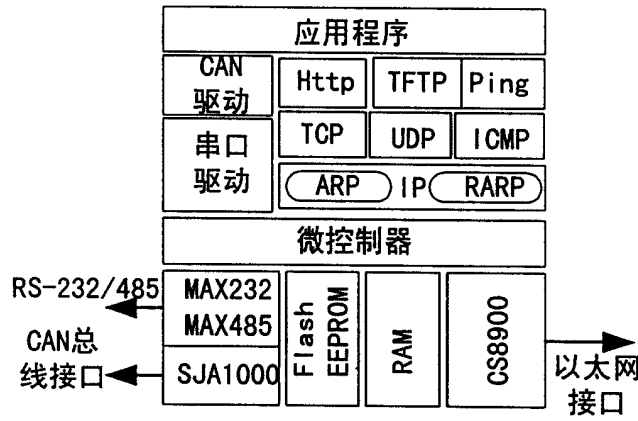


图 2

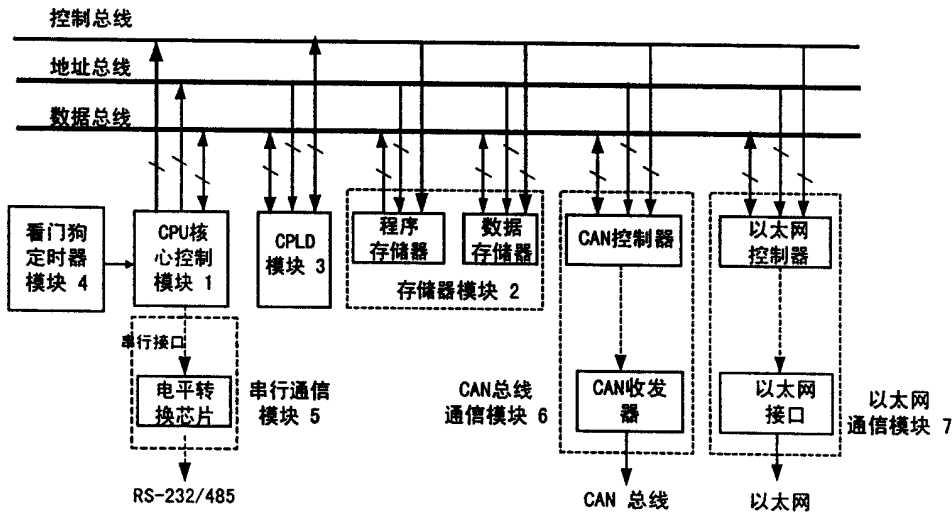


图 3

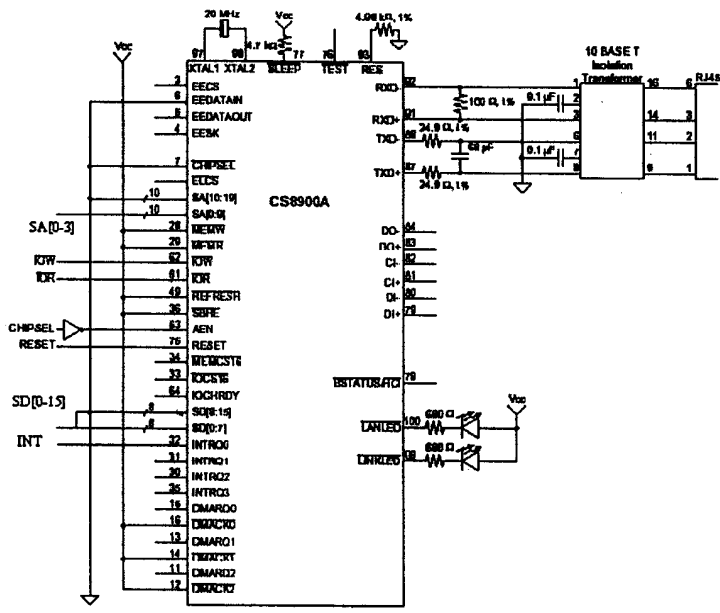


图 4

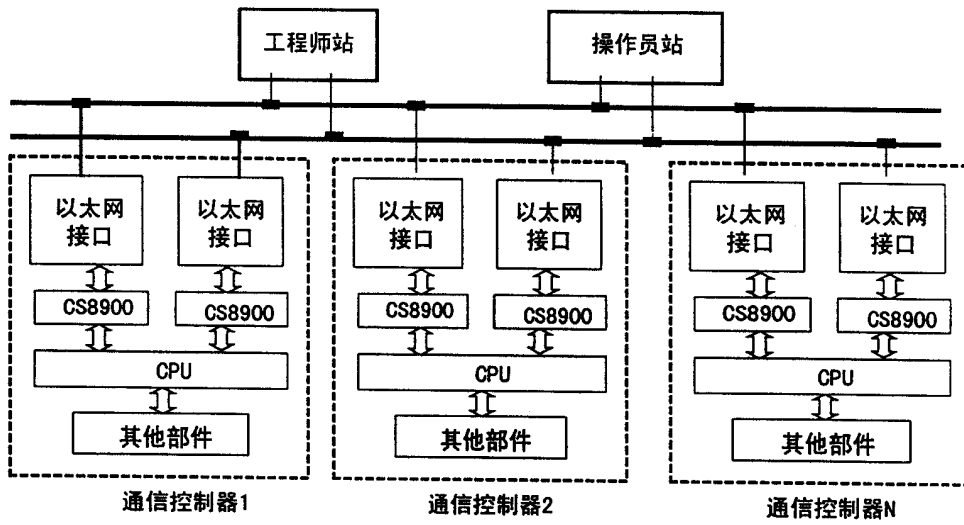


图 5

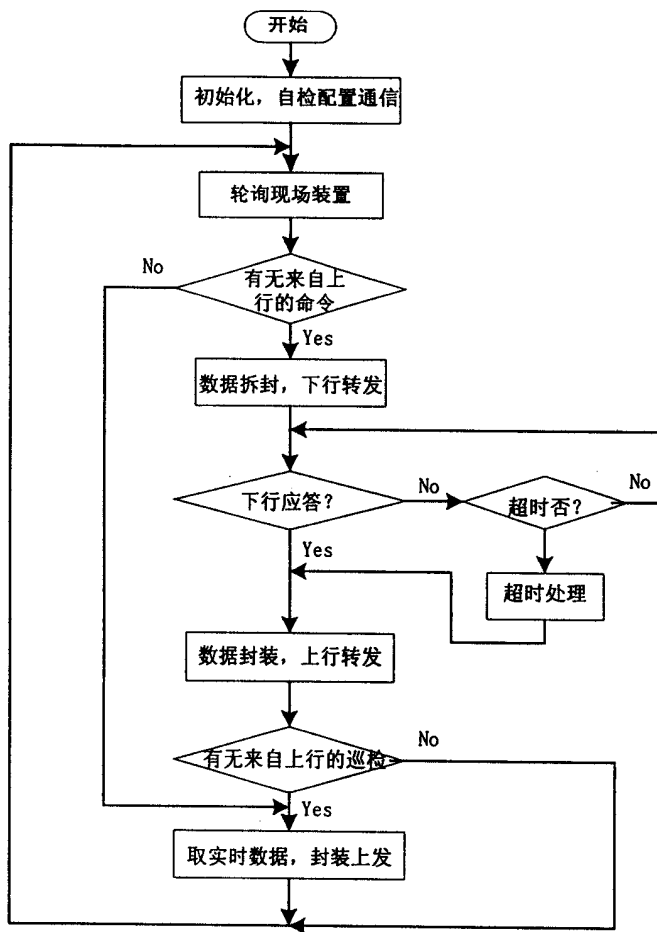


图 6

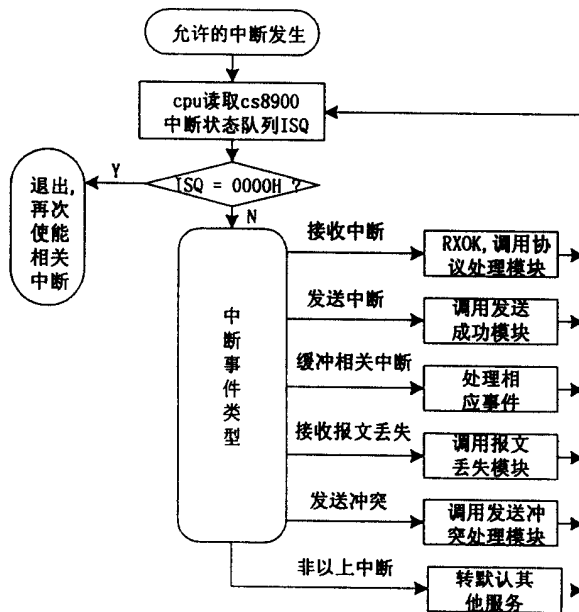


图 7

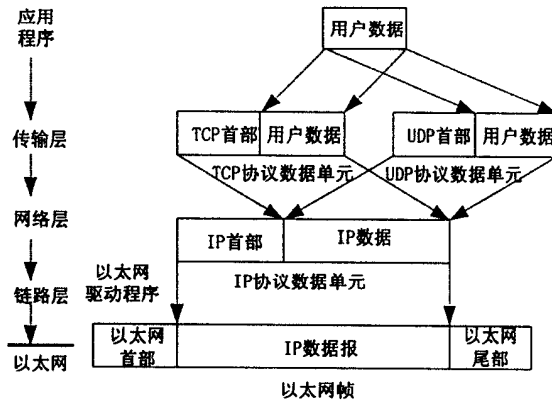


图 8

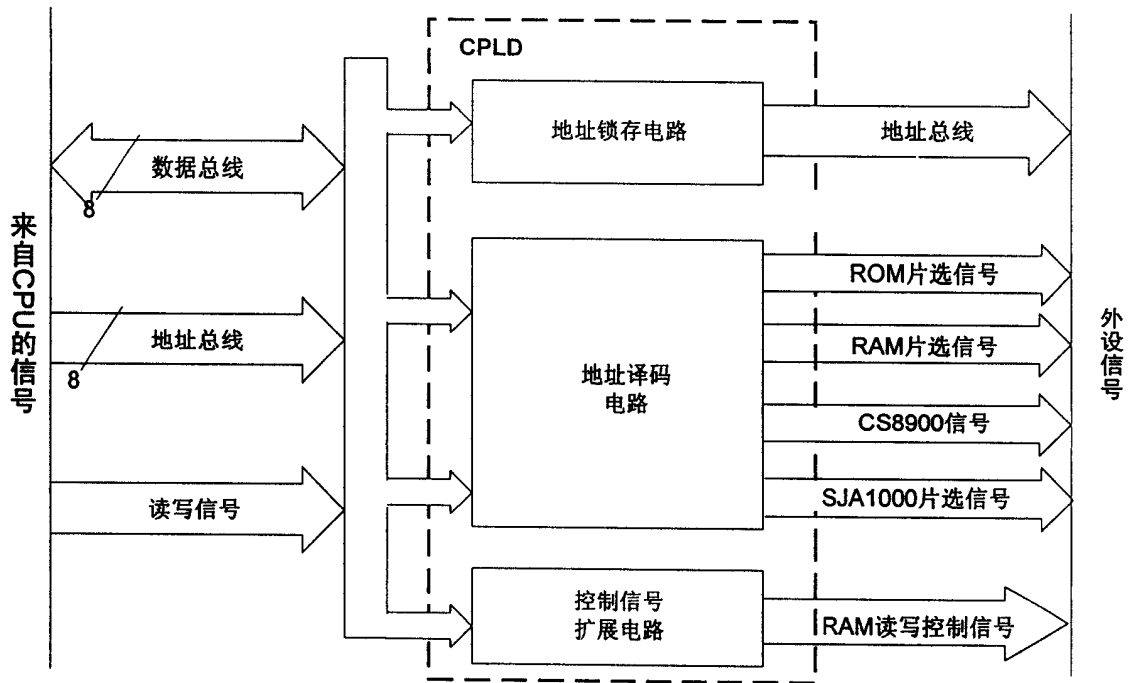


图 9

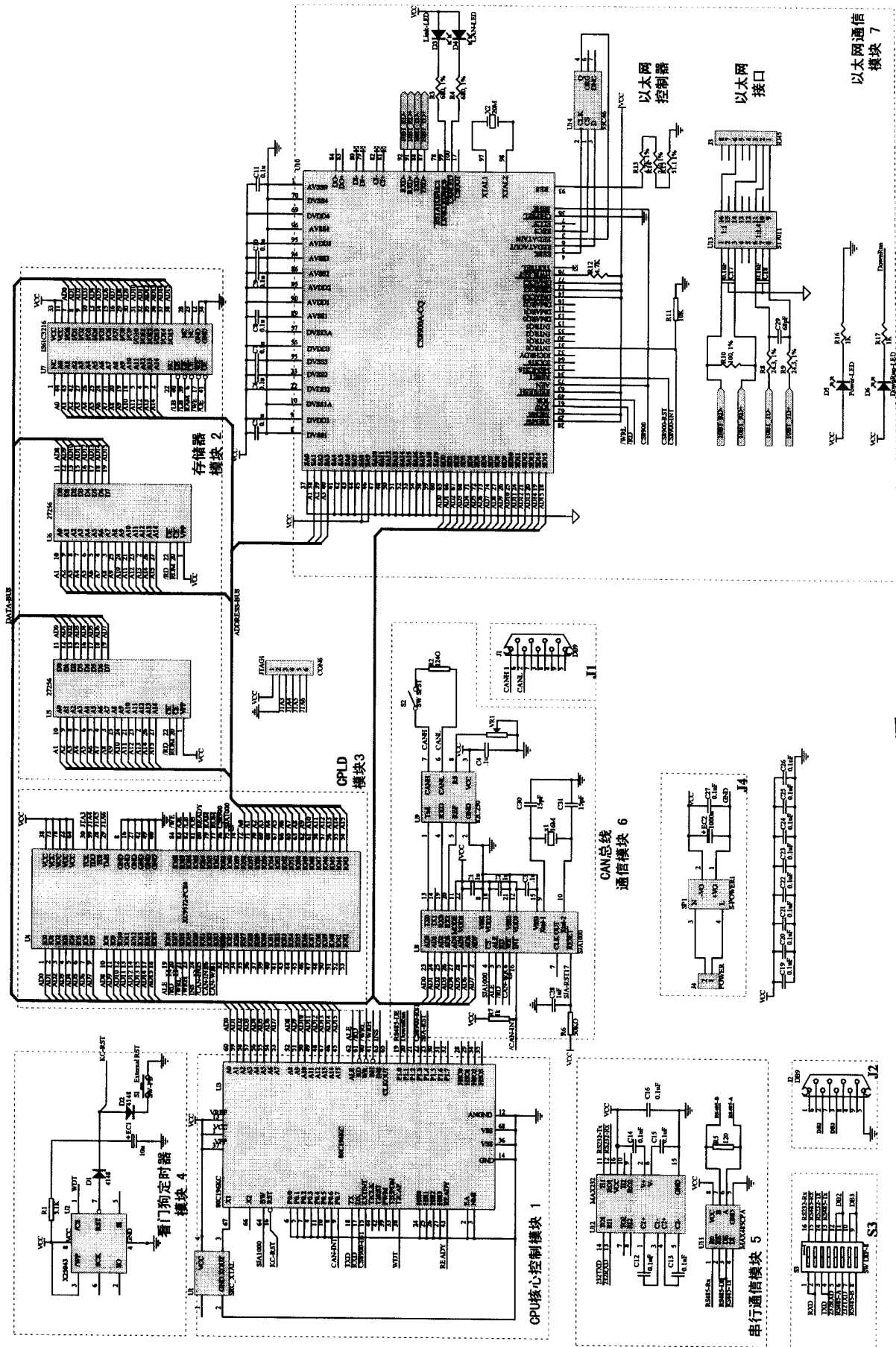


图 10